

(Ⅲ - 68) 鉛直土柱排水による土の貯留係数の決定法

東海大学大学院 川添 英生
東海大学工学部 本間 重雄

1. はじめに

地下水解析で用いられるパラメータとして透水量係数と貯留係数が重要である。透水量係数（透水係数×帯水層厚）については室内および原位置試験により求める方法が確立されている。貯留係数については、被圧帯水層からの揚水理論（Theis, Jacob法）に基づいて求める一般的な方法の他、土の圧縮率や体積圧縮係数から逆算する方法などがあるが、室内試験により直接その値を求める方法は確立されていない。粘性土を対象とした室内試験法としては、一次元の定水位あるいは定量注入試験より透水係数と比貯留係数を求める方法が西垣¹⁾によって報告されている。本報告では、貯留係数の本来の定義に沿った鉛直土柱からの重力排水時における間隙水圧変化から砂質土の比貯留係数と透水係数を連続的に求める新たな方法を提案する。また提案法に基づいて得られた数種の均一砂に対する測定結果を報告する。

2. 理論（圧密理論との比較）

図-1に示すような飽和鉛直土柱の排水過程における土中の間隙水圧変化は次式で示される。

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} \quad (1)$$

$$\text{ここに } \kappa = \frac{K}{S_s} \quad \left(\begin{array}{l} K: \text{透水係数} \\ S_s: \text{比貯留係数} \end{array} \right)$$

土柱の上下端における境界条件、 $(P(0,t)=0, P(H,t)=0)$ および初期条件（初期静水圧分布）に対する上式の理論解（Fourier級数解）は次式で与えられる²⁾。

$$P\left(\frac{z}{H}, T_v\right) = \frac{2P_0}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} \left\{ \sin \frac{n\pi z}{H} \exp\left(-n^2\pi^2 T_v\right) \right\}$$

$$\text{ここに、時間係数 } T_v = \frac{\kappa t}{H^2} \quad (2)$$

式(2)の計算結果は図-2に示すとおりとなり、土中の間隙水圧は排水開始とともに消散して行き、 $t=\infty$ （定常）で土柱内の動水勾配は $i=1$ となる。Terzaghiの一次元圧密理論では、式(1)の熱伝導型方程式（ $\kappa=c_v=K/m_v \cdot \gamma_w$ ）に対し両面排水境界条件および初期過剰間隙水圧分布（矩形）を適用し、土層全体の U （平均圧密度） $\sim T_v (=c_v \cdot t/4H^2)$ に時間～圧密量の測定曲線をフィッティングさせ、50%圧密時の圧密係数 c_v を求める（曲線定規法）。本法では土中の間隙水圧変化が最も明瞭に現われると考えられる下端から $H/5$ の位置における間隙水圧変化を T_v のスケールを変えて描いた理論曲線（図-3）と重ね合わせて $\kappa (=K/S_s)$ を求

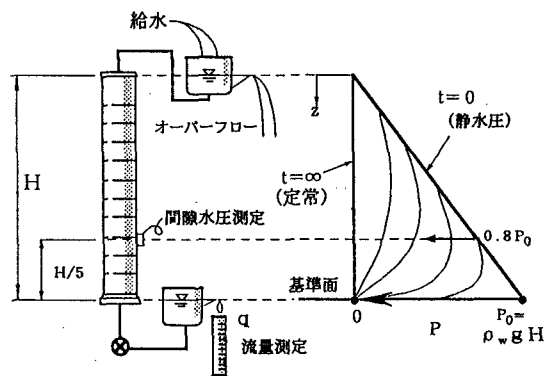


図-1 土柱法による定水位透水試験

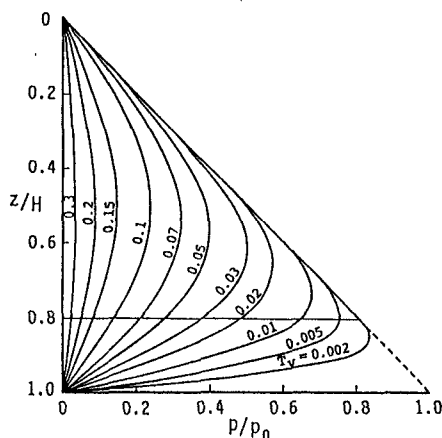


図-2 間隙水圧の変化

める。フィッティング時の時間係数を $T_v=0.05$ に選べば $\kappa=0.05$ H^2/t 、 $T_v=0.1$ に選べば $\kappa=0.1$ H^2/t によって κ が求められる。時間が十分経過し、測定点の間隙水圧が0(定常)となったとき、排水量 q を測定すれば $v=K=q/A$ ($i=1$)より試料の透水係数 K が得られ、 $S_s=K/\kappa$ により比貯留係数 S_s が算出される。また $S_s=\rho_w g(\alpha+n\beta)$ または $m_v=S_s/\rho_w g$ により重力排水(地下水位低下)による土の圧縮率 α すなわち体積圧縮係数 m_v の値も逆算し得る。(n : 間隙率, β : 水の圧縮率 (4.4×10^{-10} m^2/N))

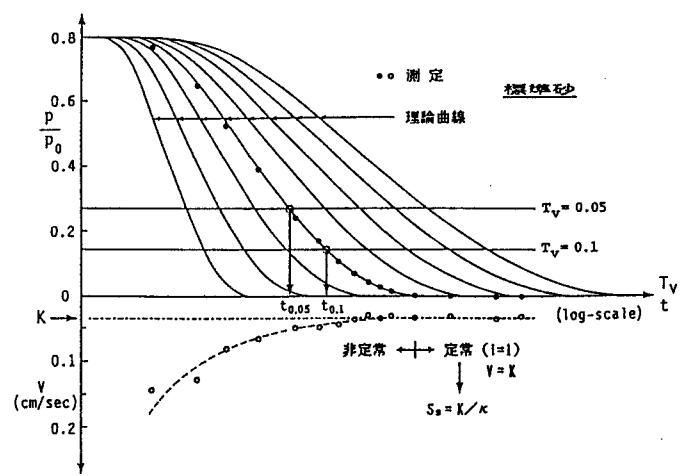


図-3 理論曲線との重ね合わせ

3. 実験

表-1に示す5種類の均一砂を用いた鉛直土柱からの排水実験を行った。実験は長さ1m、内径30mmの亚克力管に試料砂を充填し、透水試験法で用いられる吸引脱気法により供試体を完全に飽和させた後、まずパイプ下端より20cm (H/5) の位置に設置した間隙水圧計(小型圧力変換器)の調整を行う(静水圧指示を確認)。次に、下端バルブを瞬間的に解放し、数秒間隔で測定点の間隙水圧および排水量の変化を測定した。測定結果を図-3に示した方法で整理し、 κ および K を求め、比貯留係数 S_s ならびに圧縮率 α および m_v を算出した。得られた結果はいずれも均一粒径砂に対してはほぼ妥当な値を示しているものと思われる。

提案法によれば、土の透水係数と比貯留係数が極めて簡単な試験によって非定常および定常過程を通じて連続的に求められ、従来の定水位透水試験と組み合わせた形で実施し得る。また、試験法自体が重力排水による土中の排水現象を再現したものであるため、貯留係数の本来の定義に沿った土の圧縮率が求められ、地下水位低下による地盤沈下の解析等に本試験法による測定値が利用できるものと思われる。なお重力排水に長時間を要する細粒土試料については今後の検討課題である。

表-1 実験結果

諸元 粒径 (mm)	n	$t_{0.05}$ (sec)	κ (m^2/sec)	K (m/sec)	S_s (1/m)	α or m_v (m^2/N) { cm/kgf }
豊浦標準砂	0.41	11	4.55×10^{-3}	3.5×10^{-4}	7.7×10^{-3}	7.8×10^{-6} {0.077}
千葉産陸砂	2.0~0.85	0.48	8.5	5.88×10^{-3}	6.1×10^{-4}	1.0×10^{-5} {0.10}
	0.85~0.40	0.44	10.8	4.63×10^{-3}	2.2×10^{-4}	4.9×10^{-6} {0.048}
	0.40~0.25	0.46	16	3.13×10^{-3}	3.8×10^{-5}	1.2×10^{-6} {0.012}
	0.25~0.105	0.49	6.2	8.06×10^{-3}	1.2×10^{-3}	1.5×10^{-5} {0.15}

参考文献 : 1) 西垣 誠, 室内試験による比貯留係数の測定法, 第28回土質工学研究発表会, 1993, PP. 2213-2214. 2) Boyce, DiPrima, Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems, 3rd ed., Wiley, 1976, PP. 452-479